

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局



(43) 国際公開日
2004 年 2 月 19 日 (19.02.2004)

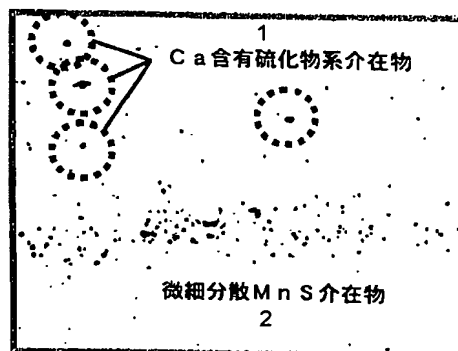
PCT

(10) 国際公開番号
WO 2004/015155 A1

- (51) 国際特許分類⁷: C22C 38/00
(21) 国際出願番号: PCT/JP2003/010029
(22) 国際出願日: 2003 年 8 月 6 日 (06.08.2003)
(25) 国際出願の言語: 日本語
(26) 国際公開の言語: 日本語
(30) 優先権データ:
特願2002-232425 2002 年 8 月 9 日 (09.08.2002) JP
(71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): 本田技研工業株式会社 (HONDA GIKEN KOGYO KABUSHIKI KAISHA) [JP/JP]; 〒107-8556 東京都港区南青山二丁目 1 番 1 号 Tokyo (JP).
(72) 発明者; および
(75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 速石 正和 (HAYAISHI, Masakazu) [JP/JP]; 〒457-8545 愛知県名古屋市南区大同町二丁目 30 番地 大同特殊鋼株式会社 技術開発研究所内 Aichi (JP). 狩野 隆 (KANO, Takashi) [JP/JP]; 〒457-8545 愛知県名古屋市南区大同町二丁目 30 番地 大同特殊鋼株式会社 技術開発研究所内 Aichi (JP). 山田 範之 (YAMADA, Noriyuki) [JP/JP]; 〒351-0193 埼玉県和光市中央一丁目 4 番 1 号 株式会社本田技術研究所内 Saitama (JP). 椎木 克昭 (SHIKI, Katsuaki) [JP/JP]; 〒351-0193 埼玉県和光市中央一丁目 4 番 1 号 株式会社本田技術研究所内 Saitama (JP).
(74) 代理人: 須賀 総夫 (SUGA, Fusao); 〒104-0051 東京都中央区佃二丁目 1 番 1 号 センチュリーパークタワー 311 須賀国際特許事務所 Tokyo (JP).
(81) 指定国 (国内): US.
(84) 指定国 (広域): ヨーロッパ特許 (DE, GB).
添付公開書類:
— 国際調査報告書
2 文字コード及び他の略語については、定期発行される各 PCT ガゼットの巻頭に掲載されている「コードと略語のガイダンスノート」を参照。

(54) Title: STEEL FOR MACHINE STRUCTURAL USE EXCELLENT IN FRIABILITY OF CHIPS

(54) 発明の名称: 切屑破碎性にすぐれた機械構造用鋼



1...Ca-CONTAINING SULFIDE BASED INCLUSIONS
2...FINELY DISPERSED MnS INCLUSIONS

(57) Abstract: A steel for machine structural use, which has an alloy composition in wt %: C: 0.05 to 0.8 %, Si: 0.01 to 2.5 %, Mn: 0.1 to 3.5 wt%, S: 0.01 to 0.2 %, Ca or Ca+Mg: 0.0005 to 0.02 %, Ti: 0.002 to 0.010 % and/or Zr: 0.002 to 0.025, O: 0.0005 to 0.010 %, and the balance: Fe and inevitable impurities, and comprises MnS inclusions having an average particle diameter of 1.0 μ m or more in an amount of 5 pieces/mm² or more per 0.01 % of S content, wherein in a microscopic visual field, the requirement of (area [μ m²]/aspect ratio) \geq 10 is satisfied and the area occupied by Ca-containing sulfide based inclusions containing 1.0 wt % of Ca accounts for 15 to 40 % of the area occupied by all the sulfide based inclusions. The steel for machine structural use is a free-cutting steel excellent in the friability of chips.

[続葉有]



(57) 要約:

機械構造用鋼において、切屑破碎性にすぐれた快削鋼を提供する。その快削鋼は、重量%で、C : 0.05 ~ 0.8%、Si : 0.01 ~ 2.5%、Mn : 0.1 ~ 3.5%、S : 0.01 ~ 0.2%とともに、CaまたはCa + Mg : 0.0005 ~ 0.02%、Ti : 0.002 ~ 0.010%および（または）Zr : 0.002 ~ 0.025%、O : 0.0005 ~ 0.010%を含有し、残部が不可避の不純物およびFeからなる合金組成を有する鋼であって、平均粒径が1.0 μm 以上であるMnS介在物が、S含有量0.01%あたり5個/ mm^2 以上存在しており、顕微鏡視野において、（面積 [μm^2] / アスペクト比） ≥ 10 の条件を満たすとともに1.0重量%以上のCaを含有するCa含有硫化物系介在物の占める面積が、全硫化物系介在物が占める面積のうちで15 ~ 40%の範囲にある。

明 細 書

切屑破碎性にすぐれた機械構造用鋼

技術分野

本発明は、超硬工具による切削を行なったときの切屑破碎性にすぐれた機械構造用鋼に関する。本発明の機械構造用鋼は、その中の硫化物系介在物の形態に特徴を有する。

本発明において、「Ca含有硫化物系介在物」の語は、CaOを主体とする介在物が芯となり、その周囲を、硫化物を主体とする介在物が取囲んでいる構造の介在物をいう。MnS介在物に関して、「微細に分散した」とは、在来の鋼中におけるMnS介在物よりは微細な粒子であり、かつ、凝集あるいは集中することなく、鋼中に平均的に分布している状態を意味する。「アスペクト比」とは、試料を圧延方向に平行に切断して観察したときに見える介在物粒子の、長径を短径で割った値である。

背景技術

被削性が高い機械構造用鋼に関する研究は長年にわたって行なわれており、さまざまな被削性改善元素を添加した鋼が開発されている。イオウ快削鋼、テルル快削鋼、カルシウム快削鋼、鉛快削鋼、イオウ-カルシウム快削鋼などである。これらの中で、鉛快削鋼は、鋼の機械的特性をほとんどそこなうことなく被削性を改善できるという点ですぐれたものであるか、近年は、とくに環境問題が重視され、Pbフリーの快削鋼が要求されることが多い。

ところが、Pbフリーの快削鋼に共通する問題は、切屑の破碎性にある。よく知られているとおり、自動化された機械加工においては、工具寿命もさることながら、切屑の破碎性がよくないと、工具やワークに切屑がからんだり、チップコンベアによる搬送不良が起こったりして、自動化に支障が生じやすい。鉛快削鋼

のすぐれた切屑破碎性の享受をあきらめるとすると、Pbフリー快削鋼の主流をなすイオウ快削鋼やイオウ-カルシウム快削鋼において、切屑破碎性を改善しなければならない。

切屑破碎性の改善を、被削性を担う硫化物系介在物の形態を制御することによって実現する努力がなされているが、現状では十分な切屑破碎性が得られたとはいえないし、バラツキが大きくて、常にある程度の切屑破碎性を確保するには至っていない。

出願人らも、この分野において、これまでに研究開発を重ねてきた。はじめに述べたCa含有硫化物系介在物、すなわちCaOを主体とする介在物が芯となり、その周囲を硫化物主体の介在物が取囲んでいる構造の介在物の存在が有用であることの発見は、その一部である。

硫化物系介在物の形態制御による、工具寿命の延長に加えた切屑破碎性の向上と、その一定レベルの確保という問題に関して最近得られた知見は、まず、良好な切屑破碎性の実現には、多数の微細な硫化物系介在物が存在する必要があるということである。具体的には、平均粒径が $1.0\mu\text{m}$ 以上であるMnS介在物が、S含有量 0.01% あたり $5\text{個}/\text{mm}^2$ 以上存在しているという条件である。

しかし、微細な硫化物系介在物が存在するだけでは十分でなく、切削に当たって、工具表面に、切屑との摩擦係数が小さい被膜を形成するような硫化物系介在物が存在する必要があることもわかった。工具表面に切屑との摩擦係数が小さい硫化物系被膜が形成されると、その被膜が、切屑が発生したときにくるくると巻く「カール半径」を小さくする効果があり、その結果、切屑が破碎されやすくなる、というのがその機構である。このような硫化物系被膜は、特定の形状を有するCa含有硫化物系介在物が全硫化物系介在物のうちで、特定の量的な範囲を占めるときに限って実現することが明らかになったのである。

発明の開示

本発明の目的は、上述した新しい知見に基づいて、機械構造用の快削鋼におけ

る介在物、とくに硫化物系介在物の形態を制御して、良好な工具寿命を享受するとともに、切屑の破碎性を高めて機械加工の自動化を容易にした機械構造用の快削鋼を提供することにある。

上記の目的を達成する、本発明の切屑破碎性にすぐれた機械構造用鋼は、機械構造用鋼として必要な合金成分を含有する鋼であって、平均粒径が $1.0\mu\text{m}$ 以上であるMnS介在物が、S含有量 0.01% あたり $5\text{個}/\text{mm}^2$ 以上存在しており、顕微鏡視野において、 $(\text{面積}[\mu\text{m}^2]/\text{アスペクト比}) \geq 10$ の条件を満たすとともに $1.0\text{重量}\%$ 以上のCaを含有するCa含有硫化物系介在物の占める面積が、全硫化物系介在物が占める面積のうちで $15\sim 40\%$ の範囲にあり、かつ、旋削に当り工具表面に硫化物系被膜が形成されて切屑のカール半径を小さくすることを特徴とする、PbもBiも含有しない機械構造用鋼である。

機械構造用鋼として必要な合金成分を含有する鋼の代表は、重量%で、C： $0.05\sim 0.8\%$ 、Si： $0.01\sim 2.5\%$ 、Mn： $0.1\sim 3.5\%$ 、S： $0.01\sim 0.2\%$ とともに、Ca単独またはCaおよびMgの両方（併用の場合は合计量で）： $0.0005\sim 0.02\%$ 、Ti： $0.002\sim 0.010\%$ およびZr： $0.002\sim 0.025\%$ の一方または両方、ならびにO： $0.0005\sim 0.010\%$ を含有し、残部が不可避の不純物およびFeからなる合金組成を有するものである。

発明を実施するための最良の形態

本発明の機械構造用鋼において、代表的な合金組成をもつ鋼の成分とその組成範囲を上記のように限定した理由は、つぎのとおりである。

C： $0.05\sim 0.8\%$

Cは強度を確保するために必要な成分であり、 0.05% 未満の含有量では、機械構造用鋼としての強度が不足である。一方、CはSの活量を増大させるので、多量になると、Ca含有硫化物系介在物を得ることが難しくなる。それとともに、Cを多量にすると靱性や被削性も低くなるので、 0.8% という上限を設け

た。

Si : 0.01 ~ 2.5 %

Siは溶製時の脱酸剤として鋼の成分となり、焼入性を高める働きもある。この効果は、0.01%に達しない少量では期待できない。SiもまたSの活量を増大させるので、多量のSiの存在は、多量のCが存在する場合と同じ問題を生じ、Ca含有硫化物系介在物の生成を妨げるおそれがある。多量のSiはまた、延性を損ない、塑性加工時に割れが発生しやすくなることもあって、2.5%が添加量の上限である。

Mn : 0.1 ~ 3.5 %

Mnは、硫化物を生成する重要な元素である。0.1%未満の量では、介在物の量が足りないが、3.5%を超える過大な含有量になると、鋼を硬くして被削性を低下させる。

S : 0.01 ~ 0.2 %

Sは硫化物を形成するために不可欠な成分であって、0.01%以上を存在させる。本発明の目標である工具寿命比5以上を達成するには、0.01%以上のSを必要とする。S量が0.2%を超えると、靱性と延性を悪くするばかりか、CaとともにCaSを生成する。CaSは融点が高いため、鑄造工程の障害になる。

Ca単独またはCaとMgの両方（併用の場合は合計） : 0.0005 ~ 0.02 %

Caは、本発明の鋼にとってきわめて重要な成分である。硫化物中にCaを含有させるために、0.0005%以上の添加を必須とする。一方、0.02%を上回る過剰のCaの添加は、前記した高融点のCaSの生成を招き、鑄造の障害になる。Caの一部をMgで置き換えることができるが、その場合も、Caの量は上記の下限值0.0005%を下廻らないことが望ましい。

Ti : 0.002 ~ 0.010 % および Zr : 0.002 ~ 0.025 % の一方または両方

微量のTiまたはZrは、CaおよびAlで脱酸された鋼中のOと結合して、微細な酸化物を形成する。これがMnSの析出に対し、核としてはたらくので、MnSを微細に分散させるのに役立つ。TiとZrとは、2種併用することが、MnSの微細化効果が高く、有利である。適量のTi酸化物またはZr酸化物を生成させるためには、TiおよびZrの量を、上記した0.002~0.010%、0.002~0.025%の範囲に調整する必要がある。

O: 0.0005~0.010%

Oは酸化物の生成に必要な元素である。過度に脱酸した鋼においては高融点のCaSが多量に生成し、鑄造の支障になるから、少なくとも0.0005%、好ましくは0.0015%を超えるOが必要である。一方、0.01%を超えるOは、多量の硬質な酸化物をもたらす、その結果、被削性が損われるとともに、所望のカルシウム硫化物の生成が困難になる。

不純部として不可避なPについていえば、これは靱性にとっては有害な成分であって、0.2%を超えて存在させることはできないが、一方でPは、被削性とくに仕上面性状を改善する成分でもある。この効果は、0.001%以上の存在で認められる。

本発明の機械構造用の快削鋼は、上記した基本的な合金組成に加えて、鋼の用途により必要となるところに従い、つぎのグループに属する元素の1種または2種以上を、下に規定する組成範囲内で、追加的に含有することができる。それらの変更態様において、任意に添加することができる各合金成分の働きと組成範囲の限定理由を、つぎに述べる。

Se: 0.4%以下、Te: 0.2%以下およびREM: 0.05%以下の1種または2種以上

これらは、被削性改善元素である。それぞれの上限0.4%、0.2%および0.05%は、熱間加工性に悪影響があることと、過剰の添加が微細な硫化物系介在物の生成を妨げることを考慮して定めた。

Cr: 3.5%以下、Mo: 2.0%以下、Cu: 2.0%以下、Ni: 4.0

%以下およびB：0.0005～0.01%の1種または2種以上

CrおよびMoは、焼入性を高めるので、適量を添加するとよい。しかし、多量に添加すると熱間加工性を損ねて、割れを招く。コスト面の配慮もあって、それぞれの上限を、Crは3.5%、Moは2.0%と定めた。Cuは、組織を緻密にし、強度を高める。多量の添加は、熱間加工性にとっても、被削性にとっても好ましくないから、2.0%以下の添加に止める。Niも、CrおよびMoと同様に焼入性を高めるが、被削性にはマイナスの存在である。それと、コストを考えて、4.0%を上限とした。Bは微量の添加で焼入性を高める。この効果を得るためには、0.0005%以上の添加を必要とする。0.01%を超える添加は、熱間加工性を損ねて有害である。

Nb：0.2%以下およびV：0.5%以下の1種または2種

Nbは、高温における結晶粒の粗大化を防ぐ上で有用である。その効果は量の増大につれて飽和するので、0.2%以下の範囲で添加するのが得策である。Vは、CやNと結合して炭窒化物をつくり、結晶粒を微細化する。この効果は、0.5%を超えると飽和する。

本発明にしたがう機械構造用の快削鋼の内部に存在する介在物は、図1に見るように、Ca含有硫化物系介在物とMnS介在物とである。Ca含有硫化物系介在物は、EPMA分析によれば、芯部がCa、Mg、SiおよびAlの酸化物であり、その周囲を、CaSを含有するMnSが取囲んだ二重構造を有している。本発明の鋼中で、MnS介在物は、微細に分散している。これに対し、単にMnSがもたらす被削性改善効果を求めた従来の快削鋼の中では、MnS介在物は、図2に見るように大型であって、鋼が圧延されたときは、圧延により伸展されている。

本発明の機械構造用の快削鋼を特徴づける切屑破碎性のよさは、前述のように一面ではMnS介在物の微細化によってもたらされる。介在物量が一定であることを前提にすると、微細化は介在物の数の増大を意味する。本発明の鋼におけるMnS介在物の量は、主としてS含有量によって決定され、S量は0.01～0

． 2％にわたって変化するから、Mn S量もまたそれに伴って変化し、微細化した介在物の個数も増減する。

本発明の鋼の中では、Mn S介在物は、在来の鋼中のMn S介在物よりは微細であるが、それらの中で、存在が切屑破碎性に影響するものは、やはり平均粒径が $1.0\mu\text{m}$ 以上のものである。（ここで、「平均粒径」とは、顕微鏡視野に表われた粒子断面の長径と短径との平均値をいう。）

S含有量は異なるが、いずれも切屑破碎性の高い本発明の鋼について、平均粒径 $1.0\mu\text{m}$ 以上のMn S介在物の単位断面積（ mm^2 ）あたりの存在個数を、倍率400倍の光学顕微鏡を用いて調査したところ、下記の表1に示す介在物数が得られ、S量との関係も、ほぼ一定であることがわかった。そしてこのデータから、さまざまなS含有量の範囲にわたって、Mn S介在物の個数がS含有量0.01％あたり5個/ mm^2 以上であれば、良好な切屑破碎性が確保できることが結論された。

表1 Mn S介在物の存在個数

鋼のS含有量	Mn S介在物個数	0.01％S当り
0.01％	5.4個/ mm^2	5.4個/ mm^2
0.03％	16.2個/ mm^2	5.4個/ mm^2
0.062％	32.0個/ mm^2	5.2個/ mm^2
0.125％	32.0個/ mm^2	6.2個/ mm^2

1.0重量％以上のCaを含有するCa含有硫化物系介在物であって（面積〔 μm^2 〕／アスペクト比） ≥ 10 の条件を満たすものが、占める面積が、全硫化物系介在物の占める面積の15～40％に相当すること：

介在物が前述した二重構造をとるためには、Ca含有硫化物系介在物が1.0重量％以上のCaを含有することが必要である。逆の観点からいえば、Ca含有量が1.0重量％以上（つまり、酸化物系介在物の代表であるCaOがこれに対

応する量以上) ある介在物が、本発明で制御の対象として有意義な介在物であるということになる。(面積 [μm^2] / アスペクト比) ≥ 10 の条件を満たす介在物とは、一口でいえば、比較的大型であって、あまり伸展されていないもののことである。

そのような、比較的大型であってあまり伸展されていないCa含有硫化物系介在物の存在意義は、図3のグラフに見ることができる。このグラフは、介在物のアスペクト比と面積との関係をプロットしたものであって、斜めに引いた実線の直線が(面積 [μm^2] / アスペクト比) = 10 である。

上記のCa含有硫化物系介在物が全硫化物系介在物のうち、面積率にして15～40%の範囲にあることが、切屑破碎性にとって有意義であることは、図4のグラフに見ることができる。このグラフは、Ca含有硫化物系介在物の面積率と、実施例に関して後述する切屑破碎指数との関係をプロットしたものであって、S含有量0.045～0.055%のS45Cを対象に得たデータである。同じS量の在来イオウ快削鋼と対比してあり、従来品を上回る切屑破碎性は、面積率15～40%の範囲において得られることを示している。

これを別の観点から解釈すると、まずCa含有硫化物系介在物の面積率が15%に達しないときは、工具表面に付着して工具を被覆する介在物の成分中で、MnSが多くなることが指摘される。MnSは融点が低いが、その潤滑被膜の安定性が低くて被膜が持続しにくいため、切屑破碎性はよくなる。一方、Ca含有硫化物系介在物の面積率が40%を超える多量になると、全硫化物系介在物中のMnSの量が相対的に低くなり、前記した、平均粒径が $1.0\mu\text{m}$ 以上であるMnS介在物がS含有量0.01%あたり5個/ mm^2 以上存在する、という前提条件の確保が困難になるということが考えられる。

本発明の機械構造用鋼がすぐれた切屑破碎性を示す理由は、旋削に当り硫化物系介在物が工具表面に熔融被膜を形成して、発生する切屑のカール半径を小さくするという機構にある。この硫化物系介在物の熔融被膜は、高い潤滑性を示すため、カール半径を小さくするのに役立っていると考えられる。

実施例

下記の実施例および比較例において行なった試験の方法について説明すれば、Mn S 介在物の在個数の測定法は前記したとおりであり、その他の試験は、それぞれつぎのとおりである。

[C a 含有硫化物系介在物の面積率]

顕微鏡写真（倍率 200 倍）を撮影し、全硫化物系介在物を、E P M A 分析により、単純な硫化物と二重構造をもった C a 含有硫化物系介在物とに分け、全硫化物系介在物の占める面積の中で、二重構造介在物が占める面積の割合を算出した。

[潤滑被膜]

超硬工具を使用して旋削を行ない、工具に溶融した介在物の皮膜が形成されるか、形成された被膜は安定に存在するかを観察し、また、E P M A 分析により、被膜の成分が何であるかを分析した。

[切屑の破碎性]

下記の条件で切削した場合の切屑を採取し、その長さによって 0 ～ 4 点の点数をつけ、30 切削条件の合計点数を「切屑破碎性指数」とした。

速度：150 m/分

送り：0.025 ～ 0.200 mm/回転

深さ：0.3 ～ 1.0 mm

工具：DNMG150480-MA

同一イオウ含有量のイオウ快削鋼に比べて切屑破碎性指数が高い場合を良好（○印）、同点または低い場合を不良（×印）とした。

実施例 1

S45C 系の鋼に対して本発明を適用した。溶製した合金はインゴットに鑄造し、このインゴットから径 72 mm の丸棒型の試験片を採取して、試験に供した。

鋼の合金組成と試験結果を、表 2（実施例）および表 3（比較例）に示した。

実施例 2

S 1 5 C 系の快削鋼について、実施例 1 と同様に、合金の溶製および切削試験を行なった。合金組成および試験結果を表 4（実施例）および表 5（比較例）に示す。

実施例 3

S 5 5 C 系快削鋼について、実施例 1 と同様に、合金の溶製および切削試験を行なった。合金組成および試験結果を表 6（実施例）および表 7（比較例）に示す。

実施例 4

S C R 4 1 5 系快削鋼について、実施例 1 と同様に合金の溶製および切削試験を行なった。合金組成および試験結果を表 8（実施例）および表 9（比較例）に示す。

実施例 5

S C M 4 4 0 系快削鋼について、実施例 1 と同様に合金の溶製および切削試験を行なった。合金組成および試験結果を表 1 0（実施例）および表 1 1（比較例）に示す。

以下の各表において、下記の語はそれぞれつぎの意味を有する。

硫化物面積率：顕微鏡視野において、全硫化物系介在物の面積のうちで 1 重量％以上の C a を含有する硫化物系介在物の面積が占める割合（％）

M n S 個数：平均粒径が 1 . 0 μ m 以上である M n S 介在物の、S 含有量 0 . 0 1 % あたりの個数（単位個／mm²）

工具被膜：旋削時に、熔融した硫化物系介在物の被膜が工具表面に形成されるか否かの観察結果。○印は硫化物系被膜が形成、×印は酸化物系被膜が形成、－は被膜の形成なし。

切屑破碎性：前記した切屑破碎性指数を、同じS含有量のイオウ快削鋼のそれと比較した結果。○印はより高いとき、×印は同等または劣るとき。

表2 S45C系 実施例

No.	C	Si	Mn	S	Ca/Mg	Ti/Zr	O	その他	硫化物 面積率	硫化物 個数	被膜 形成	切屑 破砕性
1	0.45	0.21	0.65	0.018	Ca 0.0019	Ti 0.0051	0.0012	—	34	5.3	○	○
2	0.43	0.23	0.81	0.054	Ca 0.0023	Ti 0.0056	0.0032	Cu 0.42	28	7.4	○	○
3	0.46	0.32	0.93	0.068	Ca 0.0025	Ti 0.0077	0.0043	—	24	8.2	○	○
4	0.45	0.18	0.71	0.121	Ca 0.0058 Mg 0.0012	Ti 0.0033	0.0052	—	16	9.3	○	○
5	0.45	0.27	0.84	0.039	Ca 0.0036 Mg 0.0008	Ti 0.0032	0.0012	Te 0.03	38	5.8	○	○
6	0.44	0.86	0.66	0.044	Ca 0.0023	Ti 0.0045	0.0023	Se 0.051	37	5.3	○	○
7	0.46	0.19	0.70	0.054	Ca 0.0026	Ti 0.0062	0.0017	—	24	8.2	○	○
8	0.47	0.25	0.87	0.046	Ca 0.0017	Zr 0.0043	0.0022	—	29	6.7	○	○
9	0.45	0.20	0.93	0.121	Ca 0.0021	Ti 0.0044	0.0032	REM 0.02	23	5.3	○	○

表3 S45C系 比較例

No.	C	Si	Mn	S	Ca/Mg	Ti/Zr	O	その他	硫化物 面積率	硫化物 個数	被膜 形成	切屑 破碎性
1	0.44	0.33	0.73	0.019	Ca 0.0004	Ti 0.0043	0.0031	—	12	4.2	×	×
2	0.46	0.21	0.84	0.061	Ca 0.0015	Ti 0.0056	0.0019	Cu 0.37	21	3.8	×	×
3	0.45	0.22	0.88	0.071	Ca 0.0044	Ti 0.0035	0.0043	—	20	4.2	×	×
4	0.43	0.25	0.75	0.132	Ca 0.0023 Mg 0.0009	Ti 0.0061	0.0009	—	8	6.6	—	×
5	0.45	0.23	0.80	0.036	Ca 0.0033 Mg 0.0012	Ti 0.0023	0.0025	Te 0.05	45	3.2	○	×
6	0.45	0.19	0.91	0.041	Ca 0.0018	Ti 0.0069	0.0031	Se 0.082	47	2.9	○	×
7	0.45	0.88	0.63	0.051	Ca 0.0022	Zr 0.0085	0.0067	—	13	3.9	×	×
8	0.44	0.18	0.88	0.030	Ca 0.0016 Mg 0.0021	Zr 0.0045	0.0023	Te 0.03	51	2.8	×	×
9	0.47	0.19	0.84	0.051	Ca 0.0022	Ti 0.0041	0.0008	—	14	4.7	○	×
10	0.46	0.18	0.89	0.132	Ca 0.0024	Ti 0.0016	0.0012	REM 0.06	12	3.1	○	×

表4 S15C系 実施例

No.	C	Si	Mn	S	Ca/Mg	Ti/Zr	O	その他	硫化物 面積率	硫化物 個数	被膜 形成	切屑 破砕性
1	0.14	0.22	0.51	0.022	Ca 0.0013	Ti 0.0033	0.0014	—	25	6.1	○	○
2	0.16	0.19	0.59	0.081	Ca 0.0023 Mg 0.0008	Ti 0.0072	0.0033	V 0.08	31	5.6	○	○
3	0.15	0.31	0.82	0.019	Ca 0.0028	Ti 0.0054 Zr 0.0023	0.0012	B 0.0010	29	6.2	○	○

表5 S15C系 比較例

No.	C	Si	Mn	S	Ca/Mg	Ti/Zr	O	その他	硫化物 面積率	硫化物 個数	被膜 形成	切屑 破砕性
1	0.15	0.30	0.60	0.041	Ca 0.0036	Ti 0.0039	0.0035	—	12	5.0	×	×
2	0.15	0.19	0.99	0.028	Ca 0.0018 Mg 0.0012	Ti 0.0124	0.0022	V 0.08	21	4.4	×	×
3	0.14	0.24	0.49	0.093	Ca 0.0008	Ti 0.0038 Zr 0.0056	0.0009	B0.0018	8	4.9	—	×

表6 S55C系 実施例

No.	C	Si	Mn	S	Ca/Mg	Ti/Zr	O	その他	硫化物 面積率	硫化物 個数	被膜 形成	切屑 破碎性
1	0.57	0.31	0.91	0.018	Ca 0.0026	Ti 0.0045	0.0038	—	34	5.4	○	○
2	0.54	0.18	0.87	0.044	Ca 0.0025 Mg 0.0009	Ti 0.0062	0.0025	—	23	7.3	○	○
3	0.55	0.19	0.88	0.023	Ca 0.0019	Ti 0.0058 Zr 0.0052	0.0017	Ni 1.23	21	7.8	○	○

表7 S55C系 比較例

No.	C	Si	Mn	S	Ca/Mg	Ti/Zr	O	その他	硫化物 面積率	硫化物 個数	被膜 形成	切屑 破碎性
1	0.55	0.22	1.04	0.024	Ca 0.0033	Ti 0.0033	0.0046	—	11	4.9	×	×
2	0.56	0.26	0.89	0.054	Ca 0.0028 Mg 0.0006	Ti 0.0072	0.0013	—	24	4.0	×	×
3	0.55	0.19	0.94	0.021	Ca 0.0011	Ti 0.0063 Zr 0.0037	0.0011	Ni 2.23	6	5.3	—	×

表8 SCR415系 実施例

No.	C	Si	Mn	S	Ca/Mg	Ti/Zr	O	その他	硫化物 面積率	硫化物 個数	被膜 形成	切屑 破碎性
1	0.15	0.12	0.68	0.036	Ca 0.0022	Ti 0.0053	0.0031	Cr 1.89	34	5.3	○	○
2	0.15	0.21	0.71	0.048	Ca 0.0027 Mg 0.0007	Ti 0.0045	0.0035	Cr 1.12 Nb0.039	29	6.0	○	○
3	0.16	0.15	0.56	0.096	Ca 0.0019	Ti 0.0032 Zr 0.0033	0.0018	Cr 1.54	19	7.7	○	○

表9 SCR415系 比較例

No.	C	Si	Mn	S	Ca/Mg	Ti/Zr	O	その他	硫化物 面積率	硫化物 個数	被膜 形成	切屑 破碎性
1	0.15	0.09	0.73	0.034	Ca 0.0012	Ti 0.0004	0.0046	Cr 1.93	10	4.5	×	×
2	0.14	0.18	0.81	0.045	Ca 0.0009 Mg 0.0011	Ti 0.0082	0.0028	Cr 1.21 Nb0.033	12	4.4	×	×
3	0.16	0.14	0.54	0.089	Ca 0.0022	Ti 0.0029 Zr 0.0025	0.0008	Cr 1.88	11	6.2	—	×

表10 SCM440系 実施例

No.	C	Si	Mn	S	Ca/Mg	Ti/Zr	O	その他	硫化物 面積率	硫化物 個数	被膜 形成	切屑 破砕性
1	0.40	0.24	0.63	0.037	Ca 0.0024	Ti 0.0042	0.0023	Cr 1.25 Mo 0.14	34	5.5	○	○
2	0.39	0.32	0.53	0.061	Ca 0.0017 Mg 0.0006	Ti 0.0056	0.0041	Cr 2.01 Mo 0.23 Ni 0.23	23	6.5	○	○
3	0.42	0.19	0.98	0.014	Ca 0.0026	Ti 0.0061 Zr 0.0034	0.0011	Cr 1.45 Mo 0.54	24	6.8	○	○

表11 SCM440系 比較例

No.	C	Si	Mn	S	Ca/Mg	Ti/Zr	O	その他	硫化物 面積率	硫化物 個数	被膜 形成	切屑 破砕性
1	0.44	0.26	0.68	0.041	Ca 0.014	Ti 0.0023	0.0024	Cr 1.32 Mo 0.16	9	4.5	×	×
2	0.38	0.33	0.49	0.058	Ca 0.0031 Mg 0.0014	Ti 0.0018	0.0039	Cr 1.96 Mo 0.25 Ni 0.34	6	3.8	×	×
3	0.41	0.21	1.02	0.016	Ca 0.0024	Ti 0.0023 Zr 0.0021	0.0032	Cr 1.51 Mo 0.49	12	4.8	—	×

産業上の利用可能性

本発明の切屑破碎性にすぐれた機械構造用においては、さきに開示した快削鋼と同じ被削性が実現している。すなわち、高い被削性をもたらす介在物である、二重構造をもったCa含有硫化物系介在物が在するから、切削とくに超硬工具旋削において、在来のイオウ快削鋼に対して工具寿命比（本発明の快削鋼の工具寿命と、同一のイオウ含有量をもつ在来の快削鋼の工具寿命に対する比）を5以上にするという目標が、容易に達成されている。

その上で本発明は、特定の形状をもったCa含有硫化物系介在物が全硫化物系介在物のうち15～40%の範囲にあるという要件を選択することにより、切屑破碎性が顕著に改善され、旋削の切屑が工具やワークに巻き付くおそれを、実質上なくし、チップコンベア上の搬送に支障のないようにした。本発明により、機械加工を自動化する上でネックになっていた問題が解決したといえる。各種機械部品、なかんづく自動車部品の製造コスト低減に寄与するところ大である。

図面の簡単な説明

- 図1 本発明にしたがう機械構造用の快削鋼中の、介在物の形状を示す顕微鏡写真。
- 図2 在来のイオウ快削鋼中の、介在物の形状を示す顕微鏡写真。
- 図3 機械構造用の快削鋼中に存在するCa含有硫化物系介在物とMnS介在物との、アスペクト比と面積との関係をプロットしたグラフ。
- 図4 機械構造用の快削鋼中における、Ca含有硫化物系介在物が全硫化物系介在物に占める面積率と切屑破碎性指数との関係を示すグラフ。

請 求 の 範 囲

1. 機械構造用鋼として必要な合金成分を含有する鋼であって、平均粒径が $1.0\mu\text{m}$ 以上であるMnS介在物が、S含有量 0.01% あたり $5\text{個}/\text{mm}^2$ 以上存在しており、顕微鏡視野において、(面積 $[\mu\text{m}^2]$ / アスペクト比) ≥ 10 の条件を満たすとともに 1.0 重量%以上のCaを含有するCa含有硫化物系介在物の占める面積が、全硫化物系介在物が占める面積のうちで $15\sim 40\%$ の範囲にあり、かつ、旋削に当り工具表面に硫化物系被膜が形成されて切屑のカール半径を小さくすることを特徴とする、PbもBiも含有しない切屑破碎性にすぐれた機械構造用鋼。

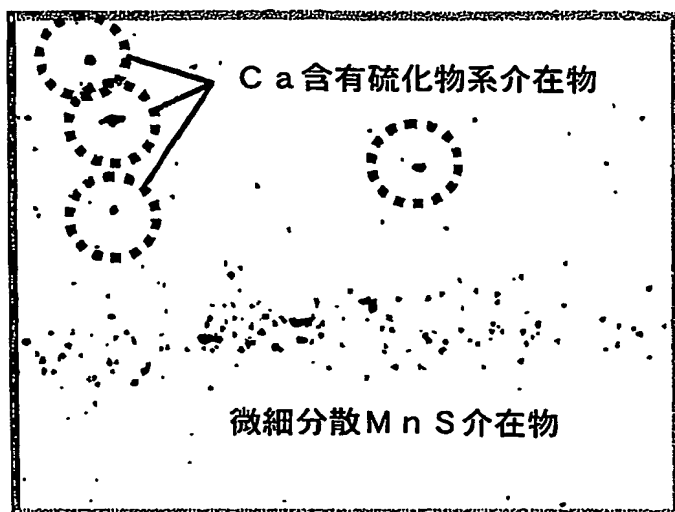
2. 重量%で、C： $0.05\sim 0.8\%$ 、Si： $0.01\sim 2.5\%$ 、Mn： $0.1\sim 3.5\%$ 、S： $0.01\sim 0.2\%$ とともに、Ca単独またはCaおよびMgの両方（併用の場合は合計量で）： $0.0005\sim 0.02\%$ 、Ti： $0.002\sim 0.010\%$ およびZr： $0.002\sim 0.025\%$ の一方または両方、ならびにO： $0.0005\sim 0.010\%$ を含有し、残部が不可避の不純物およびFeからなる合金組成を有することを特徴とする請求項1の切屑破碎性にすぐれた機械構造用鋼。

3. 請求項2に規定した合金成分に加えて、さらに、Se： 0.4% 以下、Te： 0.2% 以下およびREM： 0.05% 以下の1種または2種以上を含有する切屑破碎性にすぐれた機械構造用鋼。

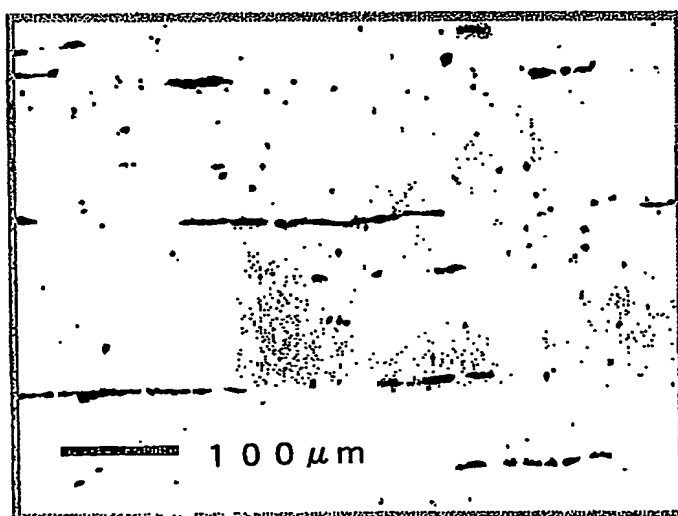
4. 請求項2または3に規定した合金成分に加えて、さらに、Cr： 3.5% 以下、Mo： 2.0% 以下、Cu： 2.0% 以下、Ni： 4.0% 以下およびB： $0.0005\sim 0.01\%$ の1種または2種以上を含有する切屑破碎性にすぐれた機械構造用鋼。

5. 請求項2ないし4のいずれかに規定した合金成分に加えて、さらに、Nb : 0.2%以下およびV : 0.5%以下の1種または2種を含有する切屑破碎性にすぐれた機械構造用鋼。

【図 1】

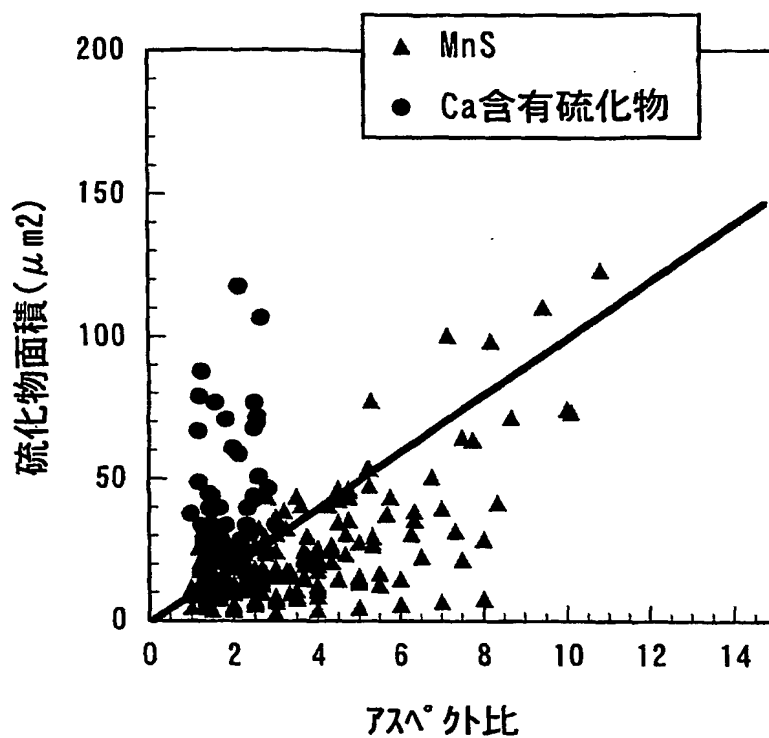


【図 2】

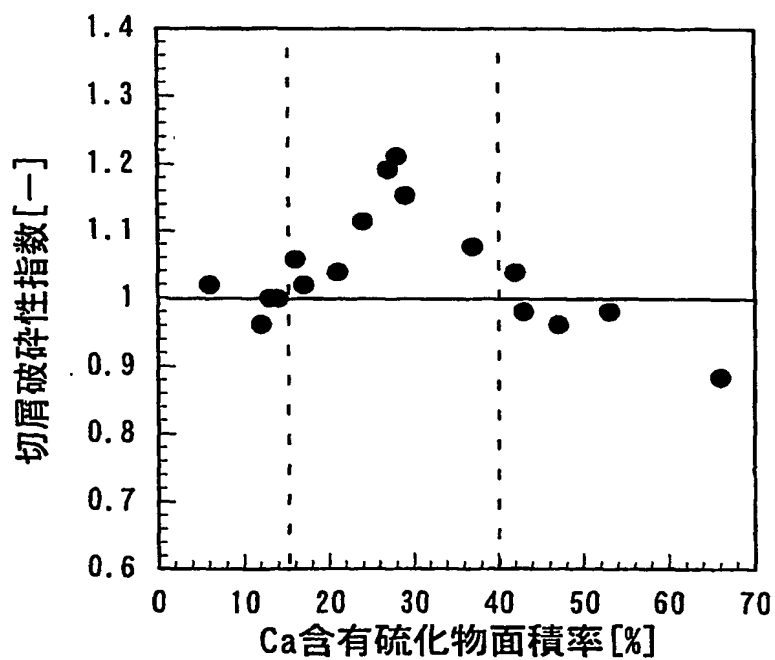


2/2

【図3】



【図4】



BEST AVAILABLE COPY

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP03/10029

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int.Cl⁷ C22C38/00

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

Int.Cl⁷ C22C38/00

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2003
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2003	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2003

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
E, A	JP 2003-221649 A (Tanaka Seimitsu Kogyo Kabushiki Kaisha), 08 August, 2003 (08.08.03), (Family: none)	1-5
A	JP 2002-180184 A (Toyota Motor Corp.), 26 June, 2002 (26.06.02), (Family: none)	1-5
A	JP 11-293385 A (Hitachi Metals, Ltd.), 26 October, 1999 (26.10.99), (Family: none)	1-5

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:
 "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
 "E" earlier document but published on or after the international filing date
 "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
 "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
 "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
 "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
 "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
 "&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search
04 November, 2003 (04.11.03)

Date of mailing of the international search report
18 November, 2003 (18.11.03)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

BEST AVAILABLE COPY

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl⁷ C22C38/00

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl⁷ C22C38/00

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報 1922-1996年

日本国公開実用新案公報 1971-2003年

日本国登録実用新案公報 1994-2003年

日本国実用新案登録公報 1996-2003年

国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
E A	J P 2003-221649 A (田中精密工業株式会社) 2003.08.08 (ファミリーなし)	1-5
A	J P 2002-180184 A (トヨタ自動車株式会社) 2002.06.26 (ファミリーなし)	1-5
A	J P 11-293385 A (日立金属株式会社) 1999.10.26 (ファミリーなし)	1-5

☐ C欄の続きにも文献が列挙されている。☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの

「E」 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの

「L」 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)

「O」 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献

「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの

「X」 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの

「Y」 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの

「&」 同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

04.11.03

国際調査報告の発送日

13.11.03

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/JP)

郵便番号100-8915

東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)

木村 孔一

4K

8315

電話番号 03-3581-1101 内線 3435